



Kierownik: prof. dr hab. Maciej BUGAJSKI
e-mail: bugajski@ite.waw.pl
tel. (0-22) 548 79 32, fax 548 79 25

Zespół: prof. dr hab. inż. Bohdan Mroziewicz, dr hab. Zenon Gniazdowski,
dr hab. Kazimierz Regiński, doc. dr hab. Jan Muszalski,
dr inż. Agata Jasik, dr Janusz Kaniewski, dr inż. Kamil Kosiel,
dr Ewa Papis-Polakowska, dr inż. Dorota Pierścińska,
dr inż. Kamil Pierściński, dr Iwona Sankowska,
dr inż. Anna Szerling, dr inż. Michał Szymański,
dr Artur Trajnerowicz, dr inż. Anna Wójcik-Jedlińska,
mgr inż. Anna Barańska, mgr Krzysztof Hejduk,
mgr inż. Piotr Karbownik, mgr inż. Emil Kowalczyk,
mgr inż. Justyna Kubacka-Traczyk, mgr inż. Leszek Ornoch,
mgr inż. Emilia Pruszyńska-Karbownik

1. Projekty badawcze realizowane w 2009 r.

W 2009 r. w Zakładzie Fizyki i Technologii Struktur Niskowymiarowych realizowano następujące projekty:

- „Fotonika podczerwieni. Badania nad strukturami emiterów promieniowania w obszarze bliskiej i średniej podczerwieni, wytwarzanych ze związków półprzewodnikowych III-V” (projekt statutowy nr 1.01.047);
- „Badania nad technologią wytwarzania krawędziowych laserów półprzewodnikowych na pasmo 980 nm i wpływem defektów w strukturach epitaksjalnych na uzysk i końcowe parametry przyrządów” (projekt badawczy nr 2.01.123, 3T11B 028 30);
- „Spektroskopia optyczna struktur laserów kaskadowych” (projekt badawczy nr 2.01.130, N515 013 32/0847);
- „Laserowe źródło promieniowania podczerwonego” VERTIGO (projekt badawczy 6PR UE, nr 5.01.037, 138/6.PR UE/2007/7);
- „Termografia odbiciowa laserów półprzewodnikowych i linijek laserów dużej mocy” (projekt badawczy nr 2.01.143, N515 416034);
- „Opracowanie technologii wytwarzania heterostruktur dla laserów DW-VECSEL z AlGaAs/GaAs/InGaAs” (projekt nr 2.01.147; 3606/B/T02/2009/36);
- „Zaawansowane technologie dla półprzewodnikowej optoelektroniki podczerwieni (PBZ 3.01.015, PBZ-MNiSW-02/I/2007);
- „Zaawansowana fotodioda lawinowa InGaAs/InAlAs/InP monolitycznie zintegrowana z mikrooptyką refrakcyjną” (projekt nr 11.01.002; N R02 0025 06/2009);

- „Półprzewodnikowe lasery dyskowe dla zastosowań teleinformatycznych” (projekt nr 11.01.003; N R02 0023 06/2009);
- „Centrum Nanofotoniki” (projekt nr 0.01.006; POIG.0202.00-00-004/08). Zakład świadczył również usługi naukowo-badawcze:
- przygotowanie opinii technologicznej lampy LED (nr 6.01.609);
- wstępne analizy i koncepcje dotyczące konstrukcji, zasilania, sterowania i produkcji ulicznych lamp LED (nr 6.01.619);
- opracowanie technologii nakładania na płytki kwarcowe metalizacji CrAu techniką lift off (nr 6.01.620).

2. Najważniejsze osiągnięcia naukowo-badawcze

Przedmiotem badań w 2009 r. były fotoniczne struktury niskowymiarowe ze związków półprzewodnikowych III-V wytwarzane metodą MBE.

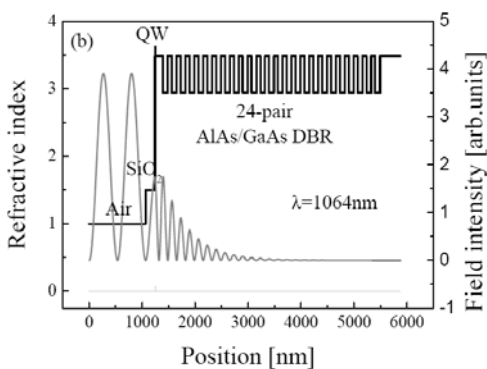
Prace koncentrowały się nad nowymi typami laserów półprzewodnikowych; pompowanych optycznie laserach dużej mocy (VECSEL) i kaskadowych emiterach promieniowania bliskiej i średniej podczerwieni.

Znaczące wyniki osiągnięto w dziedzinie modulatorów optycznych typu SESAM. Opracowano technologię modulatorów o parametrach na najwyższym światowym poziomie.

Kolejną ważną grupę tematyczną stanowiły prace z zakresu charakteryzacji rentgenowskiej struktur emiterów podczerwieni.

Istotny postęp został osiągnięty w dziedzinie metod teoretycznych i technik eksperymentalnych badania właściwości cieplnych laserów różnych typów.

2.1. Półprzewodnikowe nasycalne absorbery SESAM typu powierzchniowego



Rys. 1. Współczynnik załamania i natężenie fali stojącej w strukturze SESAM

W 2009 r. kontynuowano prace nad półprzewodnikowymi nasycalnymi absorberami SESAM (Semiconductor Saturable Absorber Mirror) w dziedzinie projektowania struktur, technologii ich wykonania, otrzymywania przyrządów i charakteryzacji.

W trakcie projektowania zwrócono uwagę na dwa parametry: dyspersję prędkości grupowej i współczynnik wzmocnienia rozumiany jako natężenie fali elektromagnetycznej przed strukturą do jej maksymalnej wartości w strukturze. Otrzymano projekt struktury, w której dyspersja prędkości grupowej jest nie-

zależna od długości fali, a współczynnik wzmożenia jest na poziomie umożliwiającym uzyskanie struktur absorberów o niskiej gęstości energii nasycenia. Projekt struktury pokazano na rys. 1.

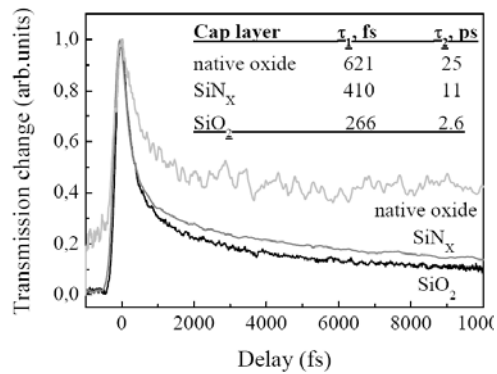
W pracach technologicznych skupiono się nad optymalizacją warunków krystalizacji studni kwantowych pełniących rolę warstw absorbujących oraz luster Bragga. Kluczowe dla technologii otrzymywania warstw absorbujących jest zastosowanie niskotemperaturowej epitaksji prowadzonej w nadmiarze pierwiastka grupy V, w tym przypadku As.

Za osiągnięcie w tej dziedzinie uznano warstwy InGaAs charakteryzujące się krótkim czasem relaksacji, które otrzymano w warunkach pozwalających wykluczyć proces ich wygrzewania. Jest to możliwe dzięki wykorzystaniu temperatury krystalizacji, przy której tworzy się wystarczająca gęstość mikrowydzieleń będąca w stanie zapewnić krótki czas życia nośników.

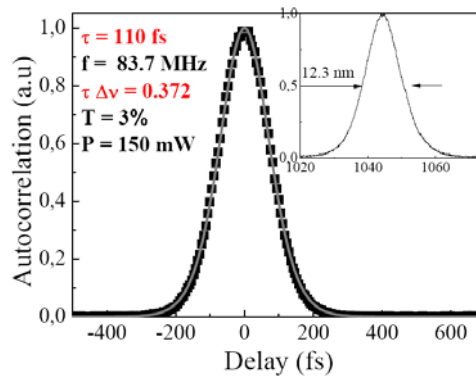
Badania nad gotowymi przyrządami pokazały, że wybór warstwy przykrywającej decyduje o czasowych charakterystykach przyrządu. Zauważono znaczną redukcję czasu życia nośników przy zastosowaniu warstwy SiO₂, która jest gorszym pasywatorem powierzchni GaAs w porównaniu do warstwy SiN_x. Na rys. 2 pokazano wyniki uzyskane za pomocą techniki pompa-sonda na trzech strukturach SESAM. Zarejestrowano ponad czterokrotne zmniejszenie czasu relaksacji nośników w strukturze z warstwą SiO₂.

Generację impulsów uzyskano w z-kształtnej wnęcie, której jednym ramieniem był absorber SESAM, a drugim zewnętrzne zwierciadło o transmisji 1%. Ośrodkiem wzmacniającym był dwuwolframian itrowo-potasowy domieszko- wany jonami iterbu. Uzyskano 100 fs impulsy generowane z częstotliwością 84 MHz. Wynik przedstawiono na rys. 3.

Parametry pracy uzyskanych przez nas struktur SESAM plasują je wśród najlepszych przyrządów tej klasy pracujących na długości fali ok. 1040 nm. I tak przy impulsie dłuższym zaledwie o 3 fs uzyskaliśmy znacznie większą średnią moc, nawet uwzględniając poprawkę na zastosowaną nas większą transmisję zwierciadła zewnętrznego. Należy zaznaczyć, że we wnęcie lasera nie stosowano oprócz przy-



Rys. 2. Czasowa zależność transmisji dla absorberów z różną warstwą przykrywającą



Rys. 3. Autokorelacja i widmo PL uzyskane dla struktury SESAM przykrytej SiO₂.

matów dyspersyjnych żadnych dodatkowych elementów optycznych mających na celu zwężanie impulsu.

2.2. Rozwój technik charakteryzacji półprzewodnikowych laserów kaskadowych

Kwantowe lasery kaskadowe (QCL) pracujące w zakresie średniej podczerwieni (MIR) są w ostatnich latach obiektem intensywnych badań ze względu na liczne zastosowania w medycynie, ochronie środowiska, technice wojskowej, sterowaniu procesami technologicznymi i innych pokrewnych dziedzinach. Jednakże mimo szeroko zakrojonych badań brak jest w literaturze dokładniejszych doniesień na temat przestrzennego rozkładu natężenia pola w wiązce generowanej przez te lasery. Brak jest też informacji na temat związków między warunkami pracy lasera a rozkładem natężenia pola w jego wiązce. Opracowanie unikalnego stanowiska badawczego oraz związanych z nim metod pomiarowych ma na celu wypełnienie tej luki. Informacja o rozkładzie przestrzennym pola jest bowiem niezwykle ważna z wielu względów. Po pierwsze, umożliwi ona dobre zaprojektowanie układu optycznego przyrządu, w którym laser jest użyty. Mamy tu na myśli takie problemy, jak ogniskowanie, usunięcie astygmatyzmu, redukcja modów bocznych itp. Po drugie, możliwość analizy przestrzennego rozkładu pola umożliwia projektowanie lasera pod kątem uzyskania pożądanych przez projektanta własności optycznych. Znajomość parametrów wiązki pozwala też precyzyjnie określić zakres zastosowań danego lasera.

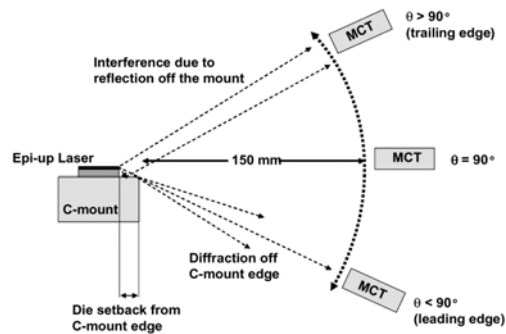
Przyrządy służące do pomiaru rozkładu natężenia pola ogólnie można usystematyzować w dwie grupy: typu mozaik oraz typu goniometrycznego w rodzaju ruchomej szczeliny lub ruchomej przesłony. Każdy z tych przyrządów pozwala zmierzyć, a następnie zarejestrować trójwymiarowy rozkład promieniowania w dalekim polu, jednak bardzo często urządzenia te wykazują ograniczenia, takie jak wymóg pracy CW lub zasilania długimi impulsami oraz relatywnie małe pole przekroju poprzecznego wiązki. Dodatkowo należy zwrócić uwagę na to, że dostępne komercyjnie profilometry mają zwykle ograniczony od strony fal długich zakres widmowy pracy ze względu na stosowane w praktyce detektory.

Tak więc od strony doświadczalnej pomiaru goniometryczne wiązki generowanej przez lasery QC napotykają na poważne trudności. Związane to jest zarówno z właściwościami wiązki, jak i z wymaganiami nakładanymi na układ pomiarowy. Po pierwsze, emitowana wiązka charakteryzuje się dużą rozbieżnością kątową, a struktura przestrzenna promieniowania jest zwykle bardzo skomplikowana. Powoduje to konieczność przeprowadzania pomiarów na bardzo dużej powierzchni z wysoką rozdzielczością kątową.

Drugą ważną cechą układu pomiarowego powinna być wysoka czułość, co jest trudne do uzyskania w przypadku rejestracji promieniowania w paśmie średniej podczerwieni. Detektory używane do tych pomiarów często muszą być chłodzone

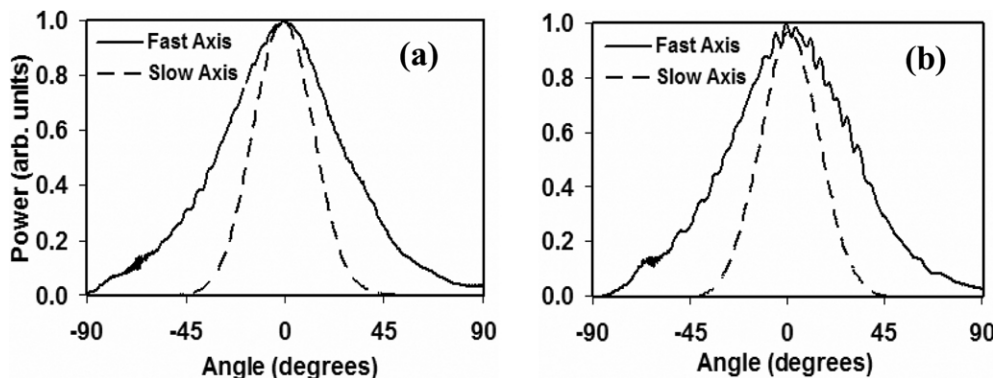
w celu uzyskania dostatecznie dużej czułości poprzez obniżenie poziomu szumów, a wymiary ich powierzchni są zwykle bardzo małe. Użycie matryc detektorowych jest rozwiązaniem bardzo kosztownym, w dodatku mogą się one okazać zbyt wolne do badania przebiegów impulsowych.

Wymienione przyczyny sprawiają, że nie ma dostępnych komercyjnych profilometrów nadających się w pełni do pomiarów w interesującym nas zakresie. Stanowiska i urządzenia pomiarowe opisane w dostępnej literaturze nie spełniają narzuconych przez nas wymagań. Przykład takiego stanowiska z ruchomym detektorem jest przedstawiony na rys. 4.



Rys. 4. Stanowisko pomiarowe do rejestracji rozkładu kąтового natężenia pola w wiązce generowanej przez laser QC

Urządzenie to jest przeznaczone do pomiaru rozkładu natężenia pola promieniowania lasera QC dla osi szybkiej i osi wolnej. Autorzy oceniają zdolność rozdzielczą urządzenia na 20. Pomiaru są wykonywane przy stałej (stabilizowanej) temperaturze lasera 150°C. Wyniki pomiarów wykonanych na opisanym wyżej stanowisku zostały przedstawione na rys. 5.



Rys. 5. Wyniki pomiarów rozkładu natężenia pola promieniowania dla osi szybkiej (a) i osi wolnej (b) lasera QC zarejestrowane na stanowisku przedstawionym na rys. 4.

2.3. Charakteryzacja rentgenowska struktur epitaksjalnych

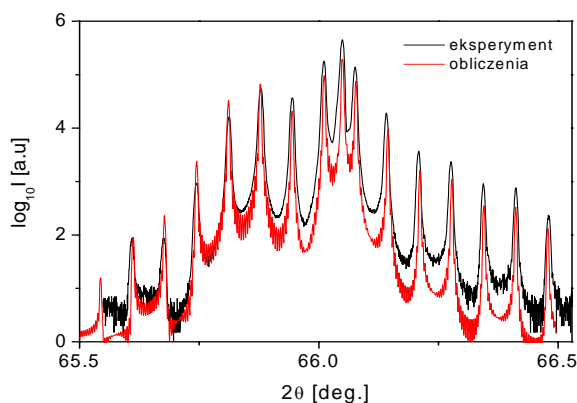
W 2009 r. charakteryzowano różnorodne struktury epitaksjalne wytwarzane metodą epitaksji z wiązek molekularnych MBE. Za pomocą wysokorozdzielczego dyfraktometru rentgenowskiego X'Pert PRO firmy Panalytical wykonywano pomiary dyfrakcji, reflektometrii oraz zdjęcia topograficzne. Uzyskane wyniki były doświadczalnie analizowane przy użyciu oprogramowania X'Pert Epitaxy i X'Pert Reflectivity firmy PANalytical.

W procesie technologii wykonywania struktur przeznaczonych do detekcji lub emisji promieniowania podczerwonego technika charakteryzacji struktur za pomocą wysokorozdzielczej dyfrakcji rentgenowskiej jest jedną z podstawowych metod badawczych pozwalających na opracowanie i kontrolę przyrządów półprzewodnikowych wykonywanych metodą epitaksjalną. Konieczne jest zatem badanie struktur testowych w celu opracowania metodyki krystalizacji określonych przyrządów. Wysokorozdzielcza dyfrakcja rentgenowska pozwala na określenie grubości, składu, gęstości elektronowej i jednorodności warstwy oraz naprężeń istniejących w strukturze. W zależności od problematyki i typu struktury stosuje się trzy odmienne typy pomiarowe: pomiary dyfrakcyjne, pomiary reflektometryczne oraz zdjęcia topograficzne.

Pomiar dyfrakcji rentgenowskiej na kryształach pozwala określić stałe sieciowe badanego materiału. Umożliwia również określenie składu, grubości, jakości krystalograficznej oraz stopnia zrelaksowania warstwy. Jednocześnie możliwe jest określenie stopnia jednorodności warstwy oraz promień jej wygięcia.

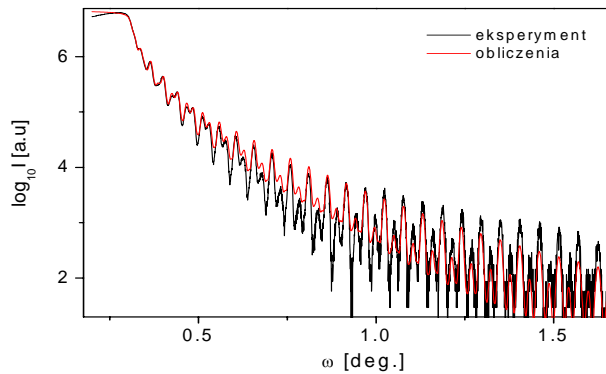
Pomiar reflektometryczny polega na zmierzeniu różnicy współczynnika załamania warstw wykrywalnych najbliższej powierzchni, których łączna grubość nie przekracza 300 nm. Współczynnik załamania promieniowania rentgenowskiego na materiale jest wprost proporcjonalny do gęstości badanego materiału. Możliwe jest więc określenie na podstawie wyników pomiaru reflektometrycznego gęstości materiału lub jego składu, grubości warstw oraz chropowatości powierzchni międzywarstwowych.

Zdjęcia topograficzne polegają na zarejestrowaniu na kliszy rentgenowskiej określonego refleksu sieci odwrotnej. Zatem ta metoda pomiarowa umożliwia zarejestrowanie istniejących w strukturze defektów, takich jak dyslokacje czy dyslokacje niedopasowania. Przedstawione metody pomiarowe są technikami wzajemnie się uzupełniającymi, umożliwiającymi kompleksowe badanie struktur epitaksjalnych. Przykładowe wyniki badań struktury wielowarstwowej pokazane są na rys. 6–8. Pomiary miały na celu określenie grubości warstw w strukturze periodycznej.



Warstwa	Grubość [nm]
GaAs	79
AlAs	78,9

Rys. 6. Porównanie eksperymentalnego profilu dyfrakcyjnego próbki z obliczonym wraz z obliczonymi grubościami warstw składowych



Warstwa	Grubość [nm]
GaAs	79,2
AlAs	78,1

Rys. 7. Porównanie eksperymentalnej krzywej reflektometrycznej badanej struktury z obliczoną wraz z obliczonymi grubościami warstw składowych

Planowana struktura składała się z warstw AlAs/GaAs powtórzonych 15 razy o grubościach 69,5 nm i 82,9 nm. W celu określenia grubości warstw zmierzono profil dyfrakcyjny oraz reflektometryczny, a następnie porównano je z obliczonymi profilami (rys. 6 i 7). W celu stwierdzenia obecności defektów w badanej strukturze wykonano zdjęcie topograficzne przedstawione na rys. 8.



Rys. 8. Zdjęcia topograficzne (nie widać żadnych defektów)

2.4. Badania nad zjawiskami termicznymi w laserach o emisji powierzchniowej

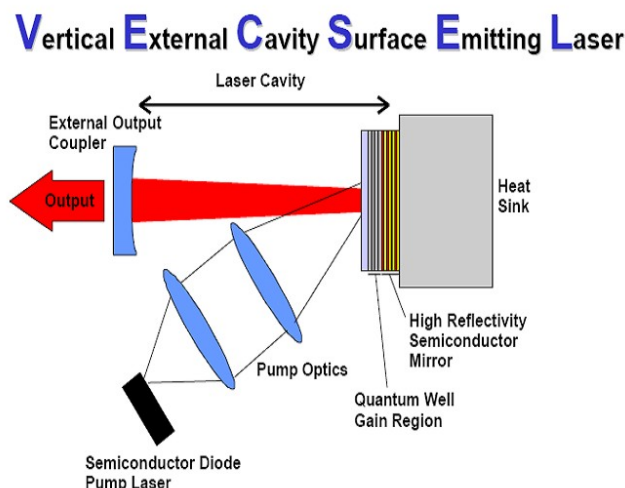
Wysokorozdzielcza spektroskopia termoodbiciowa (STR) jest użyteczną i z powodzeniem stosowaną techniką spektroskopową wykorzystywaną w analizie zjawisk termicznych w laserach półprzewodnikowych bądź linijkach laserowych dużej mocy.

Spektroskopia termoodbiciowa polega na pomiarze względnych zmian odbicia powstałych w wyniku zmian temperatury badanego przyrządu, spowodowanych przepływem prądu oraz wygenerowaną falą świetlną. Zmiana odbicia powiązana jest ze zmianą temperatury relacją

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{1}{R} \frac{\partial R}{\partial T} \Delta T = C_{TR} \Delta T,$$

gdzie C_{TR} jest współczynnikiem termoodbicia, którego wartość zależy od badanej struktury, długości fali analizującej i warunków pomiarowych. Współczynnik ten jest wyznaczany eksperymentalnie dla każdego badanego przyrządu.

W 2009 r. spektroskopia termoodbiciowa została wykorzystana do analizy zjawisk termicznych w laserach o emisji powierzchniowej typu VECSEL (Vertical External Cavity Surface Emitting Laser). Lasery typu VECSEL charakteryzują się wysoką mocą promieniowania laserowego połączoną z wysoką jakością wiązki laserowej. Dodatkowo brak domieszkania zapewnia łatwiejszą technologię, a dostęp do wnęki laserowej umożliwia efektywną konwersję nieliniową. Lasery typu VECSEL pokrywają szeroki zakres długości fali emitowanego promieniowania w zależności od wykorzystanych materiałów. Schemat struktury lasera VECSEL przedstawiony jest na rys. 9.

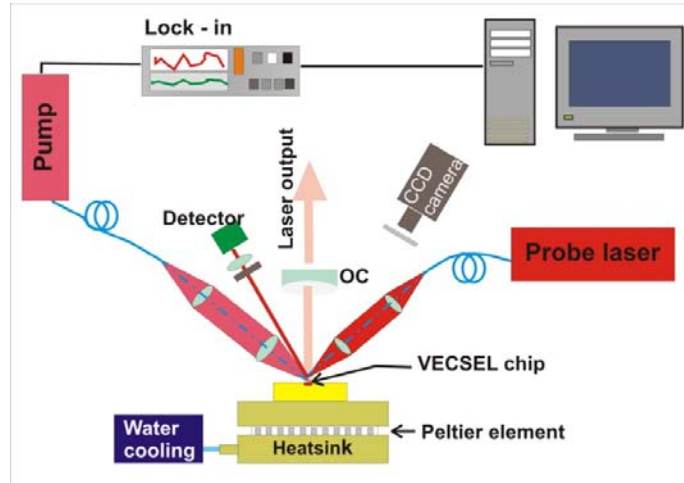


Rys. 9. Schemat struktury lasera VECSEL

Główną część lasera VECSEL stanowią: zwierciadło Bragga, obszar aktywny ze studniami kwantowymi i barierami oraz zwierciadło zewnętrzne, które zamyka wnękę laserową. Laserowanie w strukturach typu VECSEL jest otrzymywane przez optyczne pompowanie chipu laserowego przez zewnętrzny laser, np. półprzewodnikową linijkę laserową dużej mocy.

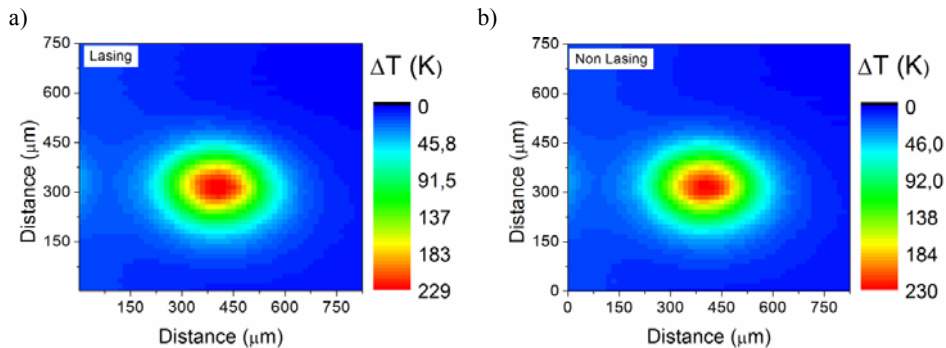
Analiza procesów termicznych w laserach o emisji powierzchniowej polegała na pomiarze map rozkładu temperatury na powierzchni lasera VECSEL pracującego, tj. emitującego wiązkę laserową, oraz niepracującego. Wykonanie takich pomiarów wymagało skonstruowania nowego układu do spektroskopii termoodbiciowej, umożliwiającego rejestrację rozkładów temperatury laserów pompowanych optycznie z zewnętrzną wnęką laserową. Rysunek 10 przedstawia schemat takiego układu pomiarowego. Umieszczony na stabilizowanej termicznie chłodnicy chip laserowy wraz z wiązką pompującą z optyką skupiającą promieniowanie do plamki o średnicy $\sim 100 \mu\text{m}$ oraz zewnętrznym zwierciadłem OC (Output Coupler) znajduje się na platformie skanującej XY, zbudowanej ze stolików krokowych umożliwiających wykonywanie map $10 \times 10 \text{ cm}$ z krokiem $0,12 \mu\text{m}$. Jednocześnie na powierzchnię lasera VECSEL skierowana jest wiązka lasera próbkującego. Wiązka ta po odbiciu kierowana jest na detektor z filtrem odcinającym promie-

niowanie pompy. W kolejnym etapie sygnał z detektora analizowany jest w technice fazoczułej z wykorzystaniem wzmacniacza typu Lock-in. Należy podkreślić stopień trudności wyjustowania takiego układu pomiarowego, wynikający z niewielkich odległości (kilka centymetrów), na których muszą być umieszczone elementy optyki pompy oraz wiązki analizującej i zewnętrznego zwierciadła. Dodatkowo należy pamiętać, że wiązka analizująca musi padać na powierzchnię chipu dokładnie w miejscu padania wiązki pompującej.



Rys. 10. Schemat układu pomiarowego spektroskopii termoodbiciowej

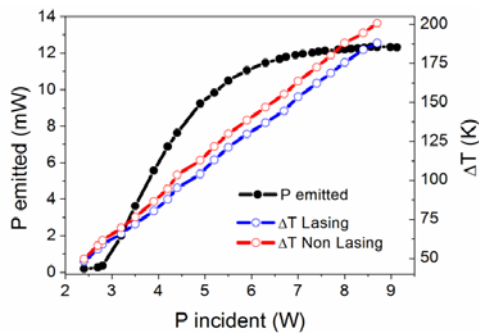
Analiza zjawisk termicznych w laserach o emisji powierzchniowej polegała na pomiarze map rozkładu temperatury na powierzchni lasera VECSEL w trybie laserowania oraz w trybie nielaserowania. Rysunek 11 przedstawia przykładowe mapy rozkładu temperatury dla pierwszej badanej struktury bez heatspredera SiC. Obszar mapowania wynosił $750 \times 750 \mu\text{m}$ z krokiem $15 \mu\text{m}$.



Rys. 11. Mapy rozkładu temperatury na powierzchni chipu lasera VECSEL bez heatspredera SiC dla mocy pompy 3,6 W

Moc wiązki pompującej wynosiła 3,6 W, współczynnik wypełnienia $dc = 25\%$, długość impulsu $\tau_{\text{pulse}} = 0,5 \text{ ms}$, długość cyklu $\tau_{\text{cycle}} = 2 \text{ ms}$. Rysunek 11a przedstawia wyniki dla laserującej struktury (obserwujemy wzrost temperatury $\Delta T = 229 \text{ K}$),

a rys. 11b – mapę dla struktury nie laserującej (w tym przypadku obserwujemy wzrost temperatury $\Delta T = 230$ K). Obserwowany niższy przyrost temperatury dla struktury laserującej jest związany z bilansem cieplnym lasera.



Rys. 12. Charakterystyka mocy wiązki padającej P incident, moc emitowana P emitted, przyrost temperatury ΔT w funkcji mocy wiązki pompującej dla struktury laserującej (ΔT_{Lasing}) oraz dla struktury nie laserującej ($\Delta T_{\text{Non Lasing}}$).

Charakterystyki te były mierzone dla wiązki pompującej pracującej ze współczynnikiem wypełnienia $dc = 5,8\%$, długością impulsu $\tau_{\text{pulse}} = 0,5$ ms oraz długością cyklu $\tau_{\text{cycle}} = 8,6$ ms.

Jak można zaobserwować na rys. 12, wartości przyrostu temperatury rosną wraz z mocą wiązki pompującej zarówno w trybie laserowania, jak i w trybie nie laserowania struktury. Należy zauważyć, że różnica $\Delta T_{\text{Non Lasing}} - \Delta T_{\text{Lasing}}$ rośnie wraz z mocą emitowaną przez strukturę i dla mocy wiązki padającej 9 W wynosi $\Delta T_{\text{Non Lasing}} - \Delta T_{\text{Lasing}} = 14$ K.

3. Współpraca międzynarodowa

W 2009 r. Zakład współpracował z następującymi ośrodkami zagranicznymi:

- Tyndall National Institute, Cork, Irlandia;
- University of Nottingham, Wielka Brytania;
- Fraunhofer Institut für Angewandte Festkörperphysik, Fryburg, Niemcy;
- Max-Born Institut, Berlin, Niemcy

4. Uzyskane stopnie naukowe

- Anna Wójcik-Jedlińska – stopień doktora uzyskany 17.02.2009 r. na podstawie rozprawy "Microphotoluminescence Characterisation of Photonic Nanostructures".
- Kamil Pierściński – stopień doktora uzyskany 30.06.2009 r. na podstawie rozprawy "Thermal Properties of Optically Pumped Surface Emitting Lasers. Analysis of Heat Management in Multilayer Structures".

Publikacje'2009

- [P1] BOROWIK P., THOBEL J.-L., MUSZALSKI J., BUGAJSKI M., ADAMOWICZ L.: Modelowanie Monte Carlo struktur kwantowych laserów kaskadowych. *Acta Phys. Pol. A* 2009 vol. 116 Supl. s. S49–S51.
- [P2] BUGAJSKI M.: Zaawansowane technologie dla półprzewodnikowej optoelektroniki podczerwieni - Projekt Badawczy Zamawiany. *Elektronika* 2009 vol. L nr 5 s. 24–30.
- [P3] BUGAJSKI M., MALINOWSKI M.: Modern Application of Lasers - Editorial (Guest Editor for Special Issue). *Centr. Europ. J. of Phys.* 2009 nr 1–2 s. 1–2.
- [P4] GNIAZDOWSKI Z.: Model naprężonego tranzystora MOS. *Elektronika* (złoż. do red.).
- [P5] JASIK A., MUSZALSKI J., HEJDUK K., KOSMALA M.: The Reduced Temporal Parameters of Passivated Semiconductor Saturable Absorber Mirror. *Thin Solid Films* 2009 vol. 518 s. 171–173.
- [P6] JASIK A., MUSZALSKI J., KOSMALA M., PIERŚCIŃSKI K.: LT-Layer Grown for Near Surface SESAM Application. *Acta Phys. Pol. A* 2009 vol. 116 Supl. s. S56–S59.
- [P7] JASIK A., MUSZALSKI J., TALALAEV V. G., KOSMALA M., PIERŚCIŃSKI K., BUGAJSKI M.: Low-Temperature Grown Near Surface SESAM – Design, Growth Conditions, Characterization and Mode-Locked Operation. *J. Appl. Phys.* 2009 vol. 106 s. 053101-1-053.
- [P8] JASIK A., WIERZCHOWSKI W. K., MUSZALSKI J., GACA J., WÓJCIK M., PIERŚCIŃSKI K.: The Reduction of the Misfit Dislocation in Non-Doped AlAs/GaAs DBRs. *J. Crystal Growth* 2009 vol. 311 s. 3975–3977.
- [P9] JASIK A., WNUK A., GACA J., WÓJCIK M., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., MUSZALSKI J., STRUPIŃSKI W.: The Influence of the Growth Rate and V/III Ratio on the Crystal Quality of InGaAs/GaAs QW Structures Grown by MBE and MO CVD Methods. *J. Crystal Growth* 2009 vol. 311 s. 4423–4432.
- [P10] KANIEWSKI J.: Proceedings of the 3rd National Conference on Nanotechnology NANO 2009, Warszawa, 22–26.06.2009 - Preface (Editor of the Proceedings). *Acta Phys. Pol. A* 2009 vol. 116 Supl. s. 3.
- [P11] KANIEWSKI J., JASIK A.: Supersieci II rodzaju ze związków InAs/GaInSb. *Elektronika* 2009 vol. L nr 5 s. 52–58.
- [P12] KARBOWNIK P., BARAŃSKA A., SZERLING A., MACHERZYŃSKI W., PAPIS E., KOSIEL K., BUGAJSKI M., TŁACZAŁA M., JAKIEŁA R.: Low Resistance Ohmic Contacts to n-GaAs for Application in GaAs/AlGaAs Quantum Cascade Lasers. *Opt. Appl.* (złoż. do red.).
- [P13] KOSIEL K., BUGAJSKI M., SZERLING A., KUBACKA-TRACZYK J., KARBOWNIK P., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., MUSZALSKI J., ŁASZCZ A., ROMANOWSKI P., WASIAK M., NAKWASKI W., MAKAROWA I., PERLIN P.: 77 K Operation of AlGaAs/GaAs Quantum Cascade Laser at 9 μm . *Photon. Lett. of Poland* 2009 vol. 1 nr 1 s. 16–18.
- [P14] KOSIEL K., SZERLING A., KARBOWNIK P., KUBACKA-TRACZYK J., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., TRAJNEROWICZ A., BUGAJSKI M.: Development of ($\lambda \sim 9.4 \mu\text{m}$) GaAs-Based Quantum Cascade Lasers. IEEE Proc. of NATO Advanced Research Workshop on Terahertz and Mid Infrared Radiation TERA-MIR 2009. Marmaris-Turunç, Turcja, 3–06.11.2009, s. 43.
- [P15] KOSIEL K., SZERLING A., KUBACKA-TRACZYK J., KARBOWNIK P., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., BUGAJSKI M.: Molecular Beam Epitaxy Growth for Quantum Cascade Lasers. *Acta Phys. Pol. A* 2009 vol. 116 nr 5 s. 806–807.
- [P16] KOSIEL K., SZERLING A., MUSZALSKI J., BUGAJSKI M.: Lasery kaskadowe z AlGaAs/GaAs na pasmo średniej podczerwieni ($\sim 9 \mu\text{m}$). *Elektronika* 2009 vol. L nr 5 s. 43–48.

- [P17] KRUSZKA R., EKIELSKI M., GOŁASZEWSKA-MALEC K., KORWIN-MIKKE K., SIDOR Z., WZOREK M., PIERŚCIŃSKA D., SARZAŁA R. P., CZYSZANOWSKI T., PIOTROWSKA A.: GaAs/AlGaAs Photonic Crystals for VCSEL-Type Semiconductors Lasers. *Opto-Electron. Rev.* (złoż. do red.).
- [P18] KUBACKA-TRACZYK J., SANKOWSKA I., KANIEWSKI J.: Interface Influence on Structural Properties of InAs/GaSb Type-II Superlattices. *Opt. Appl.* (złoż. do red.).
- [P19] LIPIŃSKI M., HEJDUK K., SZERLING A., PIOTROWSKI T., KARBOWNIK P., PŁUSKA M., CZERWIŃSKI A.: Krzemowe nanocząstki w warstwie azotku krzemu w zastosowaniu do ogniw słonecznych. Mat. Konf. I Kraj. Konf. Fotowoltaiki. Krynica-Zdrój, 9–11.10.2009, s. 1–7.
- [P20] MACHOWSKA-POSIADŁO E., BUGAJSKI M.: Electronic States In Type-II Superlattices. *Acta Phys. Pol. A* 2009 vol. 116 Supl. s. S65–S68.
- [P21] MOTYKA M., SĘK G., JANIĄK F., RYCZKO K., MISIEWICZ J., KOSIEL K., BUGAJSKI M.: Photorefectance Study of $\text{Al}_{0.45}\text{Ga}_{0.55}\text{As}/\text{GaAs}$ Superlattice: Optical Transmission at the Miniband Γ and Π Points. *Opt. Appl.* (złoż. do red.).
- [P22] MROZIEWICZ B.: Generacja fal terahercowych z zastosowaniem laserów półprzewodnikowych. *Elektronika* 2009 vol. L nr 9 s. 132–143.
- [P23] MROZIEWICZ B.: Półprzewodnikowe lasery z zewnętrzną wnęką rezonansową w zastosowaniu do generacji fal terahercowych. Mat. Konf. 9. Symp. Techniki Laserowej, Szczecin-Swinoujście, 21–29.2009, s. 4b_03.
- [P24] MUSZALSKI J., KANIEWSKI J.: Low Dark Current InGaAs/InAlAs/InP Avalanche Photodiode. *J. Phys.: Conf. Series* 2009 vol. 146 s. 012028-6.
- [P25] PAPIS E., BARAŃSKA A., KARBOWNIK P., SZERLING A., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., BUGAJSKI M., RZODKIEWICZ W., SZADE J., WAWRO A.: (100) GaAs Surface Treatment Prior to Contact Metal Deposition in AlGaAs/GaAs Quantum Cascade Laser Processing. *Opt. Appl.* 2009 vol. 39 nr 4 s. 787–797.
- [P26] PIERŚCIŃSKI K., PIERŚCIŃSKA D., KOSIEL K., SZERLING A., BUGAJSKI M.: Influence of Operating Conditions on Quantum Cascade Laser Temperature. *J. Electron. Mater.* (złoż. do red.).
- [P27] PŁUSKA M., CZERWIŃSKI A., RATAJCZAK J., SZERLING A., KĄTCKI J.: Dependence of Nano-electronic-Structure Defect Detection by Cathodoluminescence on Electron Beam Current. *Acta Phys. Pol. A* 2009 vol. 116 Supl. s. S86–S88.
- [P28] PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., KARBOWNIK P., SZERLING A., KOSIEL K., BUGAJSKI M.: The Study of Thermal Properties of GaAs/AlGaAs Quantum Cascade Lasers. *Acta Phys. Pol. A* 2009 vol. 116 Supl. s. S60–S62.
- [P29] PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., MROZIEWICZ B.: Pomiar współczynnika odbicia zwierciadeł diod laserowych z wnęką Fabry-Perot. *Elektronika* 2009 vol. L nr 5 s. 83–85.
- [P30] RZODKIEWICZ W., KULIK M., PAPIS E., SZERLING A.: Optical Analyses of Si and GaAs Semiconductors by Fractional-Derivative-Spectrum Methods. *Acta Phys. Pol. A* 2009 vol. 116 Supl. s. S95–S98.
- [P31] SZERLING A., KARBOWNIK P., KOSIEL K., KUBACKA-TRACZYK J., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., PŁUSKA M., BUGAJSKI M.: Mid-Infrared GaAs/AlGaAs Quantum Cascade Lasers Technology. *Acta Phys. Pol. A* 2009 vol. 116 Supl. s. S45–48.
- [P32] SZERLING A., KARBOWNIK P., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., KOSIEL K., BUGAJSKI M., ADHI S., OCHALSKI T. J., HUYET G.: Electrical and Optical Characterisation of ($\lambda \sim 9.4$ mm) GaAs-Based Quantum Cascade Lasers. IEEE Proc. of NATO Advanced Research Workshop on Terahertz and Mid Infrared Radiation TERA-MIR 2009. Marmaris-Turunc, Turcja, 3–06.11.2009, s. 71.

- [P33] SZYMAŃSKI M.: A New Method for Solving Nonlinear Carrier Diffusion Equation in Axial Direction of Broad-Area Lasers. *Int. J. of Numer. Modell.: Electron. Networks, Dev. a. Fields* (złoż. do red.).
- [P34] WOLKENBERG A., PRZESLAWSKI T., KANIEWSKI J.: Conductance at InAs, InGaAs and GaAs MBE Epi-Layers. *Elektronika 2009* vol. L nr 2 s. 82–94.
- [P35] WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., MUSZALSKI J., BUGAJSKI M.: Photoluminescence Studies of Optical Properties of VECSEL Active Region under High Excitation Conditions. *J. Phys.: Conf. Series* 2009 vol. 146 s. 012031-4.
- [P36] WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., WASIAK M., KOSIEL K., BUGAJSKI M.: Photoluminescence Characterization of AlGaAs/GaAs Test Superlattices Used for Optimization of Quantum Cascade Laser Technology. *Opt. Appl.* 2009 vol. XXXIX nr 4 s. 967–974.
- [P37] ZYNEK J., HEJDUK K., KLIMA K., MOŻDŻONEK M., STONERT A., TUROS A., RZODKIEWICZ W.: Azotek krzemu stosowany w technologii planarnych fotodiod wykonanych na bazie InP. *Mater. Elektron.* 2008 vol. 36 nr 4 s. 95–113.

Konferencje'2009

- [K1] BOROWIK P., THOBEL J.-L., MUSZALSKI J., BUGAJSKI M., ADAMOWICZ L.: Modelowanie Monte Carlo struktur kwantowych laserów kaskadowych. III Kraj. Konf. Nanotechnologii NANO 2009. Warszawa, 22–26.06.2009 (ref.).
- [K2] BUGAJSKI M.: Projekt Badawczy Zamawiany – Zaawansowane technologie dla półprzewodnikowej optoelektroniki podczerwieni. VIII Kraj. Konf. Elektroniki KKE'09. Darłówko Wschodnie, 7–10.06.2009 (ref. zapr.).
- [K3] BUGAJSKI M.: Kwantowe lasery kaskadowe. XI Sem. “Powierzchnia i Struktury Cienkowarstwowe”. Szklarska Poręba, 19–22.05.2009 (ref. zapr.).
- [K4] BUGAJSKI M.: Kwantowe lasery kaskadowe: Unipolarne źródła światła w podczerwieni. Środowiskowe Sem. Fizyki Ciała Stałego. Warszawa, 18.12.2009 (ref. zapr.).
- [K5] BUGAJSKI M., KOSIEL K., SZERLING A.: Kwantowe lasery kaskadowe z GaAs/AlGaAs. Sem. Wydziałowe - Inżynieria Materiałowa PW. Warszawa, 24.03.2009 (ref. zapr.).
- [K6] BUGAJSKI M., KOSIEL K., SZERLING A., KUBACKA-TRACZYK J., SANKOWSKA I., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., KARBOWNIK P., PIERŚCIŃSKI K.: Kwantowe lasery kaskadowe z AlGaAs/GaAs na zakres średniej podczerwieni. 9. Symp. Techniki Laserowej. Świnoujście, 21–25.09.2009 (ref. zapr.).
- [K7] GNIAZDOWSKI Z.: O spotkaniu ciągłego z dyskretnym. Wszechnica Południowa w Warszawskiej Wyższej Szkole Informatyki. Warszawa, 12.03.2009 (ref.).
- [K8] GNIAZDOWSKI Z., PTASZNIK A.: Model procesu dydaktycznego w zakresie Business Intelligence. Od studenta do specjalisty Business Intelligence. Warszawa, 10.12.2009 (ref. zapr.).
- [K9] JASIK A., MUSZALSKI J., GACA J., WÓJCIK M., KOSMAŁA M., PIERŚCIŃSKI K.: Generacja femto-sekundowych impulsów za pomocą nasycalnego absorbera półprzewodnikowego. Pierwsza Polska Konf. Optyczna 2009. Będlewo, 27.06–1.07.2009 (ref.).
- [K10] JASIK A., MUSZALSKI J., GACA J., WÓJCIK M., KOSMAŁA M., PIERŚCIŃSKI K.: Nieliniowy absorber półprzewodnikowy SESAM – technologia otrzymywania i charakteryzacja. III Kraj. Konf. Nanotechnologii NANO 2009. Warszawa, 22–26.06.2009 (ref. zapr.).
- [K11] JASIK A., MUSZALSKI J., GACA J., WÓJCIK M., WNUK A., PIERŚCIŃSKI K.: MBE i MOCVD – aspekty krystalizacji i charakteryzacja cząstkowych heterostruktur laserów VECSEL. 9. Symp. Techniki Laserowej. Świnoujście, 21–25.09.2009 (ref.).

- [K12] KARBOWNIK P., BARAŃSKA A., SZERLING A., MACHERZYŃSKI W., PAPIS E., KOSIEL K., BUGAJSKI M., TŁACZAŁA M., JAKIELA R.: Niskorezystywny kontakt omowy do GaAs typu n dla kwantowych laserów kaskadowych z AlGaAs/GaAs. XI Sem. "Powierzchnia i Struktury Cienkowarstwowe". Szklarska Poręba, 19–22.05.2009 (kom.).
- [K13] KOSIEL K., BUGAJSKI M., SZERLING A., KUBACKA-TRACZYK J., KARBOWNIK P., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., MUSZALSKI J.: MBE Growth of AlGaAs/GaAs Quantum Cascade Laser Structures. 15th Europ. MBE Workshop. Zakopane, 8–11.03.2009 (ref.).
- [K14] KOSIEL K., BUGAJSKI M., SZERLING A., KUBACKA-TRACZYK J., KARBOWNIK P., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E.: Molecular Beam Epitaxy Growth for Quantum Cascade Lasers. XXXVIII Int. School a. Conf. on the Physics of Semiconductor. Jaszowiec-Krynica, 19–26.06.2009 (ref. zapr.).
- [K15] KOSIEL K., BUGAJSKI M., SZERLING A., KUBACKA-TRACZYK J., KARBOWNIK P., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., PIERŚCIŃSKI K.: High Pulse Power Midi-Infrared AlGaAs/GaAs Quantum Cascade Lasers. E-MRS Fall Meet. 2009. Warszawa, 14–18.09.2009 (ref.).
- [K16] KOSIEL K., SZERLING A., KARBOWNIK P., KUBACKA-TRACZYK J., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., TRAJNEROWICZ A., BUGAJSKI M.: Development of ($\lambda \sim 9.4 \mu\text{m}$) GaAs-Based Quantum Cascade Lasers. NATO Advanced Research Workshop on Terahertz and Mid Infrared Radiation TERA-MIR 2009. Marmaris-Turunç, Turcja, 3–06.11.2009 (ref.).
- [K17] KOSIEL K., SZERLING A., KARBOWNIK P., KUBACKA-TRACZYK J., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., PIERŚCIŃSKI K., TRAJNEROWICZ A., BUGAJSKI M.: GaAs-Based ($\lambda \sim 9.4 \mu\text{m}$) Quantum Cascade Lasers – Development of Technology and Device Properties. 3th Workshop on Physics and Technology of Semiconductor Lasers. Jeziorokowskie, 4–7.10.2009 (ref.).
- [K18] KRUSZKA R., SIDOR Z., EKIELSKI M., KORWIN-MIKKE K., GOŁASZEWSKA-MALEC K., PASTERNAK I., WZOREK M., PIERŚCIŃSKI K., MUSZALSKI J., JASIK A., SARZAŁA R. P., CZYSZANOWSKI T., DEMS M., PIOTROWSKA A.: Projektowanie, wytwarzanie i charakterystyka kryształów fotonicznych dla laserów VCSEL. III Kraj. Konf. Nanotechnologii NANO 2009. Warszawa, 22–26.06.2009 (plakat).
- [K19] KUBACKA-TRACZYK J., SANKOWSKA I., KANIEWSKI J.: Interface Influence on Structural Properties of InAs/GaSb Type-II Superlattices. XI Sem. "Powierzchnia i Struktury Cienkowarstwowe". Szklarska Poręba, 19–22.05.2009 (ref.).
- [K20] KUBACKA-TRACZYK J., SANKOWSKA I., KOSIEL K., BUGAJSKI M.: High-Resolution X-Ray Characterization of Mid-IR QCL Structures. NATO Advanced Research Workshop on Terahertz and Mid Infrared Radiation TERA-MIR 2009. Marmaris-Turunç, Turcja, 3–06.11.2009 (plakat).
- [K21] LIPIŃSKI M., HEJDUK K., SZERLING A., PIOTROWSKI T., KARBOWNIK P., PŁUSKA M., CZERWIŃSKI A.: Krzemowe nanocząstki w warstwie azotku krzemu w zastosowaniu do ogniw słonecznych. I Kraj. Konf. Fotowoltaiki. Krynica-Zdrój, 9–11.10.2009 (ref.).
- [K22] LIPIŃSKI M., PIOTROWSKI T., SZERLING A., HEJDUK K., KARBOWNIK P., PŁUSKA M., CZERWIŃSKI A.: Nanocząstki krzemu zanurzone w warstwie azotku krzemu osadzonym metodą PECVD. III Kraj. Konf. Nanotechnologii NANO 2009. Warszawa, 22–26.06.2009(plakat).
- [K23] MACHOWSKA-POSIADŁO E., BUGAJSKI M.: Wpływ geometrycznych parametrów supersieci InAs/GaSb na absorpcję promieniowania podczerwonego. III Kraj. Konf. Nanotechnologii NANO 2009. Warszawa, 22–26.06.2009 (ref.).
- [K24] MROZIEWICZ B.: Półprzewodnikowe lasery z zewnętrzną wnęką rezonansową w zastosowaniu do generacji fal terahercowych. 9. Symp. Techniki Laserowej. Świnoujście, 21–25.09.2009 (ref.).
- [K25] PAPIS E., BARAŃSKA A., KARBOWNIK P., SZERLING A., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., BUGAJSKI M., RZODKIEWICZ W., SZADE J., WAWRO A.: Procesy przygotowania powierzchni (100) GaAs dla

zastosowania w kwantowych laserach kaskadowych. XI Sem. "Powierzchnia i Struktury Cienkowarstwowe". Szklarska Poręba, 19–22.05.2009 (plakat).

[K26] PAPIS E., SZERLING A., BARAŃSKA A., KARBOWNIK P., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., BUGAJSKI M., RZODKIEWICZ W., WAWRO A., SZADE J.: The Aspects of Wet and Dry Surface Etching in AlGaAs/GaAs Quantum Cascade Lasers Processing. 3th Workshop on Physics and Technology of Semiconductor Lasers. Jeziorkowskie, 4–7.10.2009 (ref.).

[K27] PAPIS-POLAKOWSKA E.: Powierzchnia półprzewodnika. Konf. Instytutu Wysokich Ciśnień PAN "UNIPRESS". Warszawa, 10.12.2009 (ref. zapr.).

[K28] PIERŚCIŃSKA D., PIERŚCIŃSKI K., KOSIEL K., BUGAJSKI M.: Thermal Analysis of GaAs/AlGaAs Quantum-Cascade Lasers. E-MRS Fall Meet. 2009. Warszawa, 14–18.09.2009 (ref.).

[K29] PIERŚCIŃSKA D., PIERŚCIŃSKI K., KOSIEL K., SZERLING A., BUGAJSKI M.: Influence of Operating Conditions on the Temperature of Quantum Cascade Lasers. III Workshop on Physics and Technology of Semiconductor Lasers. Gołdopiwo, 4–7.10.2009 (ref.).

[K30] PIERŚCIŃSKI K., PIERŚCIŃSKA D., BUGAJSKI M.: Temperature: Thermal Measurements/Heatspreades/FEA Modelling of VECSEL. V(E)CSEL Day Workshop - COM/DTU Photonics (VECSEL). Göteborg, Szwecja, 24–25.04.2009 (ref.).

[K31] PIERŚCIŃSKI K., PIERŚCIŃSKA D., BUGAJSKI M.: Temperature Mapping of Antimonide-Based OPSDLs - Thermal Measurements/Heatspreaders/FEA Modelling. EU Project - VERTIGO Meet. (EUPRVEM). Fryburg, Niemcy, 5–6.05.2009 (ref.).

[K32] PIERŚCIŃSKI K., PIERŚCIŃSKA D., BUGAJSKI M.: Temperature Mapping of OPSDLs. EU Project - VERTIGO Meet. (EUPRVEM). Paryż, Francja, 12–13.11.2009 (ref.).

[K33] PIERŚCIŃSKI K., PIERŚCIŃSKA D., BUGAJSKI M., MANZ C., RATTUNDE M.: Influence of the Intracavity Heatspreader on the VECSEL Temperature. 16th Int. Conf. "Mixed Design of Integrated Circuits and Systems" MIXDES 2009. Łódź, 25–27.06.2009 (ref.).

[K34] PIERŚCIŃSKI K., PIERŚCIŃSKA D., KOSIEL K., BUGAJSKI M.: Investigation of Thermal Effects in Quantum Cascade Lasers. 13th Int. Conf. on Defects, Recognition, Imaging and Physics in Semiconductors (DRIP XIII). Wheeling, USA, 13–17.06.2009 (ref.).

[K35] PIERŚCIŃSKI K., PIERŚCIŃSKA D., KOSIEL K., SZERLING A., BUGAJSKI M.: Thermal Management in Quantum Cascade Lasers. III Workshop on Physics and Technology of Semiconductor Lasers. Gołdopiwo, 4–7.10.2009 (ref.).

[K36] PŁUSKA M., CZERWIŃSKI A., RATAJCZAK J., SZERLING A., KĄTCKI J.: Dependence of Nano-electronic-Structure Defect Detection by Cathodoluminescence on Electron Beam Current. III Kraj. Konf. Nanotechnologii NANO 2009. Warszawa, 22–26.06.2009 (plakat).

[K37] PIOTROWSKI T., POCHRYBNIK C., LIPIŃSKI M., HEJDUK K., CZERWIŃSKI A., PŁUSKA M., KASJANIUK S., MALYUTENKO V. K.: Badanie niejednorodności parametrów rekombinacyjnych w materiałach i strukturach ogniw słonecznych. Sem. Fotowoltaiczne. Kraków, 9–10.06.2009 (ref.).

[K38] PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., KARBOWNIK P., SZERLING A., KOSIEL K., BUGAJSKI M.: Badanie własności cieplnych kwantowych laserów kaskadowych. III Kraj. Konf. Nanotechnologii NANO 2009. Warszawa, 22–26.06.2009 (plakat).

[K39] RZODKIEWICZ W., KULIK M., PAPIS E., SZERLING A.: Analiza optyczna widm powierzchni Si i GaAs z zastosowaniem pochodnych ułamkowych. III Kraj. Konf. Nanotechnologii NANO 2009. Warszawa, 22–26.06.2009 (plakat).

[K40] RZODKIEWICZ W., KULIK M., PAPIS E., SZERLING A., SZADE J.: Application of Fractional-Derivative-Spectrum Methods for Optical Analyses of Si and GaAs Semiconductors. 216th Electrochemical Society Meet. 2009. Wiedeń, Austria, 4–09.10.2009 (ref.).

[K41] SZERLING A., KARBOWNIK P., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., KOSIEL K., BUGAJSKI M., ADHI S., OCHALSKI T. J., HUYET G.: Electrical and Optical Characterisation of ($\lambda \sim 9.4 \mu\text{m}$) GaAs-Based Quantum Cascade Lasers. NATO Advanced Research Workshop on Terahertz and Mid Infrared Radiation TERA-MIR 2009. Marmaris-Turunç, Turcja, 3–06.11.2009 (plakat).

[K42] SZERLING A., KOSIEL K., KARBOWNIK P., KUBACKA-TRACZYK J., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., PŁUSKA M., BUGAJSKI M.: Kwantowe lasery kaskadowe z AlGaAs/GaAs na zakres średniej podczerwieni. III Kraj. Konf. Nanotechnologii NANO 2009. Warszawa, 22–26.06.2009 (ref. zapr.).

[K43] SZYMAŃSKI M.: Solution of Nonlinear Carrier Diffusion Equation in Axial Direction of Broad-Area Lasers. III Semiconductor Laser Workshop. Krukłanki, 4–7.10.2009 (ref.).

[K44] WASIAK M., SARZAŁA P., JASIK A.: Temperature Reduction in Vertical-External-Cavity Surface-Emission-Lasers (VECSEL) Active Region. 11th Int. Conf. on Transparent Optical Networks ICTON 2009. Ponta Delgada, Portugalia, 28.06–2.07.2009 (ref.).

[K45] WASIAK M., SARZAŁA R. P., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E.: Thermal Analysis of a Quantum Cascade Laser in the Short-Pulse Regime. III Workshop on Physics and Technology of Semiconductor Lasers. Gołdopiwo, 4–7.10.2009 (kom.).

[K46] WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., WASIAK M., KOSIEL K., BUGAJSKI M.: Charakteryzacja fotoluminescencyjna struktur kwantowych laserów kaskadowych. XI Sem. "Powierzchnia i Struktury Cienkowarstwowe". Szklarska Poręba, 19–22.05.2009 (kom.).

Patenty'2009

[PA1] MROZIEWICZ B.: Półprzewodnikowe źródło promieniowania. Pat. RP nr 203261.

[PA2] PRZESŁAWSKI T., WOLDENBERG A.: Cienkowarstwowy heterozłączowy czujnik pola magnetycznego. Pat. RP wg zgł. nr P.373852

[PA3] JASIK A., MUSZAŁSKI J., PIERŚCIŃSKI K., KOSMAŁA M.: Sposób otrzymywania warstwy absorbującej LT-InGaAs stosowanej w nasycalnych absorberach półprzewodnikowych. Zgł. pat. nr P.387037 z dn. 14.01.2009.

[PA4] JASIK A., WIERZCHOWSKI W. K., MUSZAŁSKI J., GACA J., WÓJCIK M., PIERŚCIŃSKI K.: Sposób wytwarzania niedomieszkowanej heterostruktury DBR. Zgł. pat. nr P.387290 z dn. 16.02.2009.

[PA5] JASIK A., HEJDUK K., MUSZAŁSKI J.: Sposób skrócenia czasu relaksacji absorberów SESAM. Zgł. pat. nr P.388056 z dn. 18.05.2009.

[PA6] MROZIEWICZ B.: Sposób pomiaru przestrzennego rozkładu natężenia promieniowania laserów półprzewodnikowych oraz urządzenie do pomiaru przestrzennego rozkładu natężenia promieniowania laserów półprzewodnikowych. Zgł. pat. nr P.388257 z dn. 15.06.2009.

[PA7] REGIŃSKI K., JASIK A.: Sposób określania temperatury podłoża w procesach epitaksji z wiązek molekularnych związków półprzewodnikowych A_{III}-B_V. Zgł. pat. nr P.389930 z dn. 15.12.2009.